

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Хакасский технический институт – филиал ФГАО ВО
«Сибирский федеральный университет»
институт
«Электроэнергетика»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

_____ Г.Н. Чистяков

подпись инициалы, фамилия

« _____ » _____ 2017 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

код – наименование направления

Исследование причин отключения высоковольтной линии электропередач ВЛ
110 кВ Райково – Лукьяновская с отпайками (С – 319)

тема

Руководитель _____ доцент каф. ЭЭ, к.э.н.
подпись, дата должность, ученая степень

Н.В. Дулесова
инициалы, фамилия

Выпускник _____
подпись, дата

П.А. Братилова
инициалы, фамилия

Нормоконтролер _____
подпись, дата

И.А. Кычакова
инициалы, фамилия

Абакан 2017

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Хакасский технический институт – филиал ФГАО ВО
«Сибирский федеральный университет»
институт
«Электроэнергетика»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

_____ Г.Н. Чистяков
подпись инициалы, фамилия

«_____» _____ 2017 г.

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в виде бакалаврской работы

Студенту Братиловой Полине Александровне

(фамилия, имя, отчество студента)

Группа ХЭн 13-01 (13-1) Направление (специальность) 13.03.02

(код)

«Электроэнергетика и электротехника»

(наименование)

Тема выпускной квалификационной работы: Исследование причин отключения высоковольтной линии электропередач ВЛ 110 кВ Райково – Лукьяновская с отпайками (С – 319)

Утверждена приказом по университету № 146 от 28.02.2017 г.

Руководитель ВКР Н.В. Дулесова, доцент кафедры «Электроэнергетика», к.э.н.

(инициалы, фамилия, должность и место работы)

Исходные данные для ВКР Однолинейная схема электрических соединений ПС Лукьяновская №30 110/35/10 кВ, поопорная схема ВЛ 110 кВ С – 319 ПС Райково – ПС Лукьяновская, данные из оперативных журналов диспетчерского персонала ЮЭС ПО ЦУС.

Перечень разделов выпускной квалификационной работы:

ВВЕДЕНИЕ

1 Теоритическая часть

1.1 Классификация ЛЭП

1.2 Классификация ВЛ

1.3 Виды технического состояния ВЛ

1.4 Причины повреждений на воздушных линиях электропередачи

1.5 Планово – предупредительный ремонт оборудования

1.6 Этапы системы планово – предупредительного ремонта оборудования

2 Аналитическая часть

2.1 Характеристика предприятия

2.2 Общая характеристика «Южных электрических сетей»

2.3 Исходные данные для исследования причин отключения ВЛ 110 кВ Райково – Лукьяновская

2.4 Анализ аварийных отключений ЛЭП напряжением 110 кВ

2.5 Анализ причин отключения ЛЭП напряжением 110 кВ

3 Практическая часть

3.1 Разработка мероприятий по снижению риска возникновения аварий на ЛЭП напряжением 110 кВ

3.2 Определение количества неопределенности информации

3.3 Мероприятия по снижению риска возникновения аварий на ЛЭП 110 кВ

Заключение

Перечень обязательных листов графической части:

1. Э1 Однолинейная схема ПС Лукьяновская №30 110/35/10 кВ

2. Э2 Диаграммы результатов анализа

3. Э3 Рекомендации по снижению риска возникновения аварий на ЛЭП 110 кВ

Руководитель ВКР _____

(подпись)

Н.В. Дулесова

(инициалы и фамилия)

Задание принял к исполнению _____

(подпись)

П.А. Братилова

(инициалы и фамилия)

« » _____ 2017г.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Исследование причин отключения высоковольтной линии электропередач ВЛ-110 кВ Райково – Лукьяновская с отпайками (С – 319)» содержит 50 страниц текстового документа, 16 рисунков, 6 таблиц, 25 использованных источников, 3 листа графического материала.

НАДЕЖНОСТЬ, ЭФФЕКТИВНОСТЬ, ВЕРОЯТНОСТЬ, ЛИНИЯ, ПРИЧИНА, АНАЛИЗ, ОТКАЗ, НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬ.

Объектом исследования является воздушная линия ВЛ-110 кВ ПАО «МРСК Сибири» - «Хакасэнерго».

Предметом исследования являются причины возникновения отказов линий, их анализ и методы меры неопределенности событий.

Методы исследования – в процессе выполнения исследований применялись: методы математической статистики и теории вероятности; методы теории надежности и информации.

Научная новизна исследования заключается в применении современных методов измерения информации о состоянии ЛЭП.

Целью выполнения выпускной квалификационной работы является анализ состояния ВЛ-110 кВ и выявление наиболее распространенных причин непреднамеренных отключений линий электропередач 110 кВ для Республики Хакасия и юга Красноярского края.

Значимость работы – обусловлена тем, что теоретические и практические рекомендации проведенного анализа, опубликованные в статье научно-исследовательского центра «Диалог» могут быть использованы ПАО «МРСК Сибири» - «Хакасэнерго» при проектировании распределительных сетей.

Область применения – работа выполнена по заказу ПАО «МРСК Сибири» - «Хакасэнерго» в рамках сотрудничества.

Задачи выпускной квалификационной работы: провести статистический анализ аварийных отключений и их причин; предложить мероприятия по снижению риска возникновения аварий на ВЛ-110 кВ.

ABSTRACT

Graduation qualification work on the topic "Investigation of the causes of switching off the high-voltage power line of 110 kV Overhead Line Raikovo-Lukyanovskaya with taps (C-319)" contains 50 pages of a text document, 16 figures, 6 tables, 25 used sources, 3 sheets of graphic material.

RELIABILITY, EFFICIENCY, PROBABILITY, LINE, REASON, ANALYSIS, FAILURE, UNCERTAINTY.

The subject of the study is the overhead line of 110 kV overhead line of PAO "MRSK of Siberia" - "Khakasenergo".

The subject of the study are the causes of line failures, their analysis and methods for measuring the uncertainty of events.

Research methods - in the process of performing the research, the following methods were used: methods of mathematical statistics and probability theory; methods of the theory of reliability and information.

The scientific novelty of the study is the use of modern methods of measuring information about the state of power lines.

The goal of the Graduation qualifying work is to analyze the state of the 110 kV overhead line and identify the most common causes of unintended shutdown of 110 kV power lines for the Republic of Khakassia and the south of the Krasnoyarsk Territory.

The significance of the work is due to the fact that the theoretical and practical recommendations of the analysis, published in the article of the Dialog Research Center, can be used by MRSK of Siberia, Khakasenergo, when designing distribution networks.

Application area - the work was commissioned by PAO "MRSK of Siberia" - "Khakasenergo" within the framework of cooperation.

The tasks of the Graduation qualifying work: to conduct a statistical analysis of emergency outages and their causes; to propose measures to reduce the risk of accidents on the VL-110 kV.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	7
1 Теоретическая часть.....	9
1.1 Классификация ЛЭП	9
1.2 Классификация ВЛ	10
1.3 Виды технического состояния ВЛ.....	12
1.4 Причины повреждений на воздушных линиях электропередачи.....	14
1.5 Планово – предупредительный ремонт оборудования.....	17
1.5.1 Основные условия, обеспечивающие планово- предупредительные отношения относительно ремонта оборудования.....	17
1.5.2 Этапы системы планово – предупредительного ремонта оборудования.....	18
2 Аналитическая часть.....	22
2.1 Характеристика предприятия.....	22
2.2 Общая характеристика «Южных электрических сетей».....	22
2.3 Информация о различных службах ЮЭС.....	23
2.4 Исходные данные для исследования причин отключения ВЛ 110 кВ Райково - Лукьяновская.....	28
2.5 Анализ аварийных отключений ЛЭП напряжением 110 кВ.....	35
2.6 Анализ причин отключения ЛЭП напряжением 110 кВ.....	38
3 Практическая часть.....	40
3.1 Разработка мероприятий по снижению риска возникновения аварий на ЛЭП напряжением 110 кВ.....	40
3.2 Определение количества неопределенности информации.....	41
3.3 Мероприятия по снижению риска возникновения аварий на ЛЭП напряжением 110 кВ.....	44
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	47
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	48

ВВЕДЕНИЕ

Обеспечение надежности энергетических систем стало ведущей проблемой современной энергетики. Связь между энергосистемой, ее элементами и внешней средой может носить вероятностный характер, поэтому надежность работы энергосистемы включает отказ (нарушение) [1].

В случае отказа отдельных элементов системы может произойти отключение участка сети, которое может привести к нарушению электроснабжения потребителей, полному и частичному прекращению питания отдельных электроприемников и отклонению напряжения от допустимых норм [14].

Актуальность выбранной темы состоит в том, что отключение электрической энергии воздушной линии электропередач (ВЛ) 110 кВ может быть ограничено неплановыми отключениями, которые возникают вследствие отказов отдельных конструктивных элементов ВЛ, нарушений технологии изготовления, монтажа и эксплуатации, а также внешних воздействий. В решение задач обеспечения надёжности ВЛ был вложен вклад научных организаций и специалистов, но несмотря на это они остаются в поле внимания исследователей. К таким задачам относятся:

- борьба с грозовыми отключениями ВЛ;
- перекрытия загрязнённой изоляции;
- перекрытия изоляции ВЛ по невыясненным или немотивированным причинам.

Объектом исследования является воздушная линия ВЛ-110 кВ Публичного акционерного общества «Межрегиональной распределительной сетевой компании Сибири».

Предметом исследования являются причины возникновения отказов линий, их анализ и методы меры неопределенности событий.

Целью выполнения выпускной квалификационной работы является анализ состояния ВЛ-110 кВ и выявление наиболее распространенных причин

непреднамеренных отключений линий электропередач 110 кВ для Республики Хакасия и юга Красноярского края.

Задачи выпускной квалификационной работы:

- провести статистический анализ аварийных отключений и их причин;
- применить математические инструменты для определения состояния ЛЭП с помощью меры неопределенности информации;
- предложить мероприятия по снижению риска возникновения аварий на ВЛ-110 кВ.

В течение работы над выпускной квалификационной работой были получены следующие результаты:

- выполнен статистический анализ аварийных отключений и их причин;
- предложены мероприятия по снижению риска возникновения аварий на ВЛ-110 кВ.

Научная новизна исследования заключается в применении современных методов измерения информации о состоянии ЛЭП.

Практическая значимость работы заключается в разработке рекомендаций по выяснению причин немотивированных отключений ВЛ-110 кВ и мероприятий по снижению их числа, также по внедрению наиболее эффективных мер повышения надёжности ВЛ и объяснение причин немотивированных отключений ВЛ с привлечением наибольшего комплекса явлений и признаков.

1 Теоретическая часть

Формирование электрических систем осуществляется с помощью электрических сетей, которые выполняют функции передачи энергии и электроснабжения потребителей [10].

Сеть электроснабжения характерна тем, что связывает территориально удалённые пункты источников и потребителей. Это производится при помощи линий электропередач, то есть сооружений, которые состоят из проводников электрического тока (провод – неизолированный проводник, или кабель – изолированный проводник), сооружений для размещения и прокладки (опоры, эстакады, каналы), средств изоляции (подвесные и опорные изоляторы) и защиты (грозозащитные тросы, разрядники, заземление).

1.1 Классификация ЛЭП

Различают воздушные и кабельные линии электропередачи.

Объектом рассмотрения данной выпускной квалификационной работы являются воздушные линии.

Воздушные линии электропередач необходимы для передачи электрической энергии на расстояние напряжения в десятки и сотни киловольт.

Провода подвешиваются на опоры и высоко поднимаются над землей, в качестве изоляции используется воздух. В зависимости от напряжения, которое планируется передаваться по линиям и климатическим условиям рассчитывается расстояния между проводами. С ростом рабочего напряжения увеличиваются размеры и усложняются конструкции.

Воздушной линией электропередачи называют устройство для передачи или распределения электроэнергии по проводам, находящимся на открытом воздухе и прикрепленным при помощи траверс, изоляторов и арматуры к опорам или инженерным сооружениям [11].

В состав ВЛ входят устройства, которые необходимы для обеспечения бесперебойного электроснабжения потребителей и нормальной работы линии: грозозащитные тросы, разрядники, заземление, а также вспомогательное оборудование.

1.2 Классификация ВЛ

Воздушные линии электропередачи различают по ряду критериев [9].

По назначению:

- сверхдальние ВЛ напряжением 500 кВ и выше предназначены для связи отдельных энергосистем.
- магистральные ВЛ напряжением 220 и 330 кВ предназначены для передачи энергии от мощных электростанций, а также для связи энергосистем и объединения электростанций внутри энергосистем, к примеру, соединяют электростанции с распределительными пунктами.
- распределительные ВЛ напряжением 35, 110 и 150 кВ предназначены для электроснабжения предприятий и населённых пунктов крупных районов — соединяют распределительные пункты с потребителями.
- воздушные линии 20 кВ и ниже, которые подводят электроэнергию к потребителям.

По напряжению:

- ВЛ до 1000 В (низковольтные ВЛ);
- ВЛ выше 1000 В (высоковольтные ВЛ).

Представим ВЛ на разные классы напряжения на рисунках 1 – 4:

- среднее напряжение (ВЛ 1 – 35 кВ);



Рисунок 1 – ВЛ напряжением 10 кВ

- высокое напряжение (ВЛ 110-220 кВ);



Рисунок 2 – ВЛ напряжением 110 кВ

- сверхвысокое напряжение (ВЛ 330-750 кВ);



Рисунок 3 – ВЛ напряжением 500 кВ

- ультравысокое напряжение (ВЛ выше 750 кВ).



Рисунок 4 – ВЛ напряжением 1150 кВ

В данной выпускной квалификационной работе рассматриваются воздушные линии напряжением 110 кВ.

1.3 Виды технического состояния ВЛ

Всякий технический объект в конкретный момент времени находится либо в работоспособном, либо в неработоспособном состоянии [23].

Работоспособность – состояние объекта, способное выполнять заданные функции, которые сохраняют значения основных параметров.

Неработоспособность – состояние объекта, которое не способно выполнять все заданные функции, сохраняющие значения основных параметров.

Основные параметры характеризуют функционирование объекта при выполнении поставленных задач и устанавливаются в нормативно-технической документации (НТД) [16].

Переход объекта из работоспособности в неработоспособность в большинстве случаев происходит по причине повреждений или отказов.

Комплекс фактических состояний объекта и возникающих событий, которые способствуют переходу в новое состояние, охватывает жизненный цикл объекта, который протекает во времени и содержит определенные закономерности, которые исследуются в теории надежности. Содержащие в себе такие понятия, как повреждения, отказ и т.д [17].

Повреждение – событие, заключающееся в нарушении исправного состояния объекта при сохранении работоспособного состояния.

Отказ – это событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния объекта.

Отказ и повреждение требуют изучения таких критериев, как признаки, последствия, причины и характер.

Наиболее распространенными критериями отказов являются трещины, нарушения регулировок, износ и др. Под критериями отказа понимаются признаки, позволяющие установить факт нарушения работоспособности.

Причинами отказов объектов могут быть нарушения правил и норм эксплуатации, различного рода повреждения, дефекты, допущенные при конструировании, производстве и ремонте, а также процессы естественного старения и изнашивания [25].

Характером повреждения являются конкретные изменения в объекте, связанные с возникновением отказа (обрыв провода, деформация детали и т.д.).

1.4 Причины повреждений на воздушных линиях электропередачи

Причины повреждаемости воздушных линий электропередачи в основном объясняются следующими факторами:

- изменением температуры окружающей среды;
- вибрацией;
- гололедными образованиями на проводах;
- «пляской» проводов;
- действием ветра;
- перенапряжениями (атмосферными и коммутационными);
- загрязнением воздуха.

Дальше представлена краткая характеристика некоторых из перечисленных факторов [20].

1. Атмосферные перенапряжения на линиях электропередач возникают в результате грозových явлений. Грозовые перенапряжения кратковременны.

Кратковременные перенапряжения являются причиной возникновения пробоев изоляции и перекрытия, а иногда и ее повреждение или разрушение.

2. Перекрытие изоляции сопровождается возникновением электрической дуги, которая поддерживается и после перенапряжения, т. е. при рабочем

напряжении. Образование дуги означает короткое замыкание, поэтому надо автоматически отключать место повреждения.

3. При включении и отключении выключателей возникают коммутационные (внутренние) перенапряжения. Действие таких перенапряжений на изоляцию устройств сети аналогично с действием на изоляцию атмосферных перенапряжений. Место перекрытия так же требует незамедлительного автоматического отключения.

Для сетей до 220 кВ считаются более опасными атмосферные перенапряжения. Коммутационные перенапряжения представляют опасность для сетей 330 кВ и выше.

4. Интервал изменения температуры может быть от -40 до $+40$ °С. Течения тока в проводе сопровождается его нагревом и при экономически целесообразной мощности температура провода на $2 - 5^{\circ}$ выше, чем воздуха.

Понижение температуры воздуха увеличивает допустимую по нагреву температуру и ток провода. При понижении температуры одновременно с увеличением допустимой температуры по нагреву уменьшается длина провода, что повышает механические напряжения при фиксированных точках закрепления.

Следствием повышения температуры проводов является их отжиг и снижение механической прочности. Так же при повышении температуры провода удлиняются и увеличиваются стрелы провеса. Впоследствии могут быть нарушены изоляционные расстояния и габариты воздушной линии, т. е. снижена безопасность и надежность работы воздушной линии электропередачи.

5. Действие ветра приводит к появлению давления на провода, тросы и опоры. Появляются дополнительные изгибающие усилия на опоры. Это давление может вызвать поломку и падение опор с вырыванием фундамента опоры из грунта. При этом увеличиваются тяжения проводов и тросов и механические напряжения их материала. При сильных ветрах возможны случаи одновременной поломки ряда опор линии.

6. В результате попадания капель дождя и тумана, а также снега и изморози возникают гололедные образования на проводах. Такие явления приводят к появлению значительной дополнительной механической нагрузки, а также к снижению запаса прочности проводов, тросов и опор линий электропередач.

На отдельных пролетах возможно изменение стрелы провеса проводов, сокращение изоляционных расстояний. Результатом гололедных образований являются обрывы проводов и поломки опор, сближения и схлестывания проводов с перекрытием изоляционных промежутков не только при перенапряжениях, но и при нормальном рабочем напряжении.

7. Вибрация – это колебания проводов в вертикальной плоскости с высокой частотой (5-50 Гц), малой длиной волны (2-10 м) и малой амплитудой (2-3 диаметра провода). Вибрации более подвержены провода, расположенные на открытой местности, когда равномерное движение ветра не нарушается сооружениями и рельефом. Опасностью вибрации являются «усталость» материала проводов, а также разрывы отдельных проволочек около мест закрепления провода близко к зажимам, около опор. Это приводит к ослаблению сечения проводов, а иногда и к их обрыву.

8. «Пляска» проводов – это колебания провода с малой частотой (0,2-0,4 Гц), большой длиной волны (порядка одного – двух пролетов) и большой амплитудой колебания (0,5-5 м и более). Длительность этих колебаний, как правило, невелика, но иногда достигает нескольких суток.

Пляска проводов наблюдается при сильном ветре, чаще на проводах больших сечений. Пляска приводит к схлестыванию проводов, вызывает большие динамические усилия в линейной арматуре опор и траверсах, возможны возникновения повреждений изоляторов, а также заброс гирлянд изоляторов на траверсу. Пляска проводов может быть причиной длительного выхода из работы линий электропередач. При пляске проводов сокращаются изоляционные расстояния, из-за большой амплитуды колебаний в некоторых

случаях провода схлестываются, из-за чего возможны перекрытия при рабочем напряжении линии.

9. Опасное для работы воздушных линий электропередачи – это загрязнение воздуха, которое вызвано присутствием частичек золы, цементной пыли, химических соединений (солей) и т. п. Осаждение этих частиц на влажной поверхности изоляции линии и электротехнического оборудования приводит к возникновению проводящих каналов и к «ослаблению» изоляции с возможностью ее перекрытия при перенапряжениях и при нормальном рабочем напряжении.

На повреждаемость воздушных линий электропередачи с деревянными опорами влияет загнивание их древесины. А так же раскол тела опор при прямых попаданиях молнии.

Свойства грунта также влияют на надежность работы воздушных линий.

1.5 Планово-предупредительный ремонт оборудования

Для надежной работы и бесперебойности воздушных линий электропередачи, также для предотвращения преждевременного износа и разрушения элементов линий, вследствие нарушения нормального режима работы и воздействия окружающей среды, проводят планово-предупредительный ремонт.

Он позволяет провести ряд работ, который направлен на восстановление оборудования, замену деталей. Это обеспечивает экономичную и непрерывную работу оборудования [18].

Планово-предупредительный ремонт является самым простым и надежным способом планирования ремонтных работ.

1.5.1 Основные условия, обеспечивающие планово-предупредительные отношения относительно ремонта оборудования

Можно определить несколько условий относительно ремонта оборудования [19]:

- благодаря выполнению необходимого количества часов планового ремонта повторяющихся в цикле удовлетворяется главная необходимость электрооборудования в ремонте;

- объем планово-предупредительного ремонта электрооборудования определяется необходимостью выполнения объёма работ, которые необходимы для устранения всех имеющихся дефектов, а также для обеспечения бесперебойной работы электрооборудования до следующего запланированного ремонта;

- организация планово-предупредительного ремонта и контроль основываются на обычном объеме работ, выполнение которого обеспечивает работоспособное состояние оборудования;

- нормальный объем работ определяется благодаря установленным оптимальным периодам между плановыми периодическими ремонтами;

- в период между планово-периодическими периодами необходимо проводить дополнительные осмотры и проверки электрооборудования, которые являются средством своевременного выявления дефектов и являются профилактическими мероприятиями.

От конструктивных особенностей электрооборудования, назначения, ремонтных особенностей и условий эксплуатации зависит чередование и периодичность планового ремонта электрооборудования.

Плановый ремонт начинается с подготовки. Подготовка основывается на подробное ознакомление с выявленным дефектом, выбор деталей замены используемых при ремонте. Специально создается алгоритм проведения запланированного ремонта, обеспечивающий бесперебойную работу во время ремонта. Выполнение работ по представленному подходу дает возможность без

нарушения привычной работы производства осуществить полный ремонт оборудования.

Грамотно составленный график планово-предупредительных ремонтов предусматривает:

- планирование;
- подготовку электрооборудования к плановому ремонту;
- проведение планового ремонта;
- проведение мероприятий, связанных с плановым техническим обслуживанием и ремонтом.

1.5.2 Этапы системы планово-предупредительного ремонта оборудования

а) этап межремонтный

Выполняется без нарушения работы оборудования.

Включает в себя:

- систематическую очистку;
- систематическую смазку;
- систематический осмотр;
- систематическую регулировку работы электрооборудования;
- замену деталей, которые обладают небольшим сроком службы;
- ликвидацию небольших неисправностей.

Ежедневный уход и осмотр является профилактикой. Профилактика организовывается для продления срока службы оборудования до максимума, тем самым сохраняя качественную работу и сокращение расходов на замену и ремонт.

Основные работы, выполняемые на межремонтном этапе:

- отслеживание состояния оборудования;
- проведение сотрудниками правил соответствующего использования;

- ежедневная чистка и смазка;
- своевременная ликвидация небольших поломок и регулировки механизмов.

б) этап текущий

Планово-предупредительный текущий ремонт электрооборудования начинается с остановки его работы без полного разбора электрооборудования. Планово-предупредительный текущий ремонт включает в себя устранение неисправностей возникших во время эксплуатации. На этом этапе проводятся испытания и измерения, с помощью которых своевременно устанавливаются дефекты электрооборудования.

После выполнения работ по ремонту выносится решение о годности электрооборудования. При плановом текущем ремонте это постановление основывается на сравнении выводов испытаний. Так же в целях устранения дефектов оборудования выполняются работы вне плана.

в) этап средний

Средний этап планово-предупредительного ремонта оборудования проводится не чаще раза в год. Этап средний проводится для полного или частичного восстановления электрооборудования. На данном этапе проводится разборка узлов, в целях просмотра, чистки механизмов, замене изношенных деталей и устранению выявленных дефектов.

Средний этап планово-предупредительного ремонта оказывает значительное влияние на поддержание электрооборудования в норме. На среднем этапе планово-предупредительного ремонта оборудования система включает в себя установку цикличности, объема и последовательности работ в соответствии с нормативно-технической документацией.

г) капитальный ремонт

Капитальный ремонт проводится путем разбора электрооборудования, с осмотром всех деталей и его полной проверки. Капитальный ремонт включает в себя испытания, ликвидацию выявленных неисправностей, измерения, на основании которых выполняется ремонт или модернизация

электрооборудования. Полное восстановление параметров технических устройств происходит в результате капитального ремонта.

Проведение капитального ремонта возможно только после межремонтного этапа. Для его проведения необходимо выполнить следующее:

- провести предварительный осмотр и проверку;
- составить графики производства работ;
- подготовить инструменты и необходимые сменные запчасти;
- выполнить противопожарные мероприятия;
- подготовить документы.

Капитальный ремонт включает в себя следующие этапы:

- модернизацию каких-либо механизмов;
- замену или восстановление изношенных механизмов;
- осуществление работ, связанных с устранением небольших повреждений;
- выполнение профилактических проверок и измерений.

Поломки, которые носят аварийный характер, необходимо ликвидировать незамедлительно. Остальные неисправности, выявленные в результате проверки электрооборудования, устраняются во время проведения следующего планового ремонта.

Каждый отдельный вид электрооборудования обладает своими техническими характеристиками и имеет необходимость в разной периодичности проведения планово-предупредительного ремонта, регламентирующими Правилами технической эксплуатации. Все мероприятия отражаются в документации, ведется строгий учет наличия оборудования и его состояния. Создается номенклатурный план, согласно утвержденному годовому плану, в плане указывается проведение капитальных и текущих ремонтов.

2 Аналитическая часть

2.1 Характеристика предприятия

Филиал ПАО «МРСК Сибири» - «Хакасэнерго» – распределительная сетевая компания республики, снабжающая электроэнергией города и села – от столицы Хакасии до таежных деревень. Общая протяженность линий электропередачи предприятия превышает 10000 километров [13].

В структуре филиала 10 районов электрических сетей, которые базируются в муниципальных образованиях Республики Хакасия.

Площадь обслуживания – 61 876 тыс.кв. км

Объем электросетевого хозяйства – 69213 у.е.

Численность персонала – 1134 человека

Количество потребителей – 84 354 (юридических лиц – 11 044, физических – 73 310)

Основное оборудование:

Линии электропередачи 0,4-110 кВ – 10129 км

Подстанции 35-110 кВ – 84 шт. (1502 МВА) и ТП 6-35/0,4 кВ – 2335 шт. (730,47 МВА)

2.2 Общая характеристика «Южных электрических сетей»

Полное фирменное наименование: «Южные Электрические Сети» филиал ПАО «МРСК Сибири» - «Хакасэнерго».

В обслуживании Южных электрических сетей находится 1030 подстанций напряжением 6-110 кВ общей мощностью 1090 МВА. На балансе производственного отделения 5294 км воздушных линий электропередачи напряжением 0,4-110 кВ.

Основной функцией Южных электрических сетей является получение,

распределение и передача электрической энергии потребителям.

В ЮЭС входят следующие подразделения:

- Орджонекидзевский РЭС;
- Ширинский РЭС;
- Богградский РЭС;
- Усть-Абканский РЭС;
- Черногорский РЭС.

Южные электрические сети являются составной частью единой энергетической системы России.

2.2.1 Информация о различных службах ЮЭС

• РЭС

Основной задачей РЭС является преобразование, распределение, транспорт и учет электроэнергии.

Основные направления деятельности РЭС:

- поддерживать качество отпускаемой электроэнергии, нормированную частоту и напряжение электрического тока;
- соблюдать оперативно-диспетчерскую дисциплину;
- содержать оборудование, здания и сооружения в состоянии эксплуатационной готовности;
- обеспечивать максимальную экономичность и надежность энергопроизводства;
- соблюдать правила промышленной и пожарной безопасности в процессе эксплуатации оборудования и сооружений;
- выполнять правила охраны труда;
- снижение влияния вредных факторов производства на людей и окружающую среду;

- обеспечивать единство измерений при передаче и распределении энергии;

- использовать достижения научно-технического прогресса, в целях повышения экономичности, надежности, безопасности, улучшения экологии энергообъектов и окружающей среды.

- **СМиТ**

Служба механизации и транспорта осуществляет эксплуатацию транспорта и механизмов.

Возглавляет СМиТ начальник службы и подчиняется главному инженеру. Его заместителем по технической части является старший мастер 2 группы СМиТ, который также исполняет обязанности начальника службы на период его отсутствия.

В состав СМиТ входят:

- начальник;
- механик;
- диспетчер автомобильного транспорта;
- машинисты;
- водители автомобилей;
- слесарь по ремонту автомобилей.

Задачи СМиТ:

1. своевременное обеспечение подразделений ЮЭС технически исправными автомобилями и механизмами, закрепленными за СМиТ, для выполнения ремонтных работ, устранения аварий на ЛЭП и подстанциях, перевозки грузов и работников;

2. обеспечение бесперебойной и безаварийной работы автотранспорта и механизмов, закрепленных за районами электрических сетей и службами, путем проведения и качественных ТО, текущих и капитальных ремонтов автомобилей и механизмов;

3. проведение своевременных и исчерпывающих инструктажей водителей и ремонтников.

- **Служба линий**

Служба линий осуществляет техническое обслуживание высоковольтных линий электропередачи напряжением 35-110кВ.

Состав службы линий:

- начальник службы;
- мастер;
- электромонтер по ремонту линий электропередач;
- инженер.

Задачи службы линий:

- надежная безаварийная работа линий электропередачи напряжением 35-110 кВ;
- выполнение эксплуатационных планов, текущих ремонтов, испытаний и проверок всего оборудования ВЛ;
- контроль за качеством ремонтов ВЛ 35-110 кВ производимых подрядными организациями;
- подтверждение объемов работ по ремонту ВЛ 35-110 кВ;
- приемка ВЛ 35-110 кВ после ремонтов производимых подрядными организациями;
- соблюдение правил промышленной и пожарной безопасности в процессе эксплуатации оборудования и сооружений;
- выполнение правил охраны труда;
- снижение влияния вредных факторов производства на людей и окружающую среду;
- использование достижения научно-технического прогресса, в целях повышения экономичности, надежности, безопасности, улучшения экологии энергообъектов и окружающей среды.

- **СРЗАИ**

СРЗАИ – служба релейной защиты, автоматики и измерений самостоятельное подразделение ЮЭС

В состав СРЗАИ входят:

- начальник;
- старшие мастера (руководители групп РЗА) инженеры;
- электромонтеры.

Задачи СРЗАИ:

1. оснащение находящихся или передаваемых в оперативное управление или оперативное ведение диспетчера ЮЭС линий электропередачи, шин, трансформаторов и другого оборудования устройствами РЗА и средствами электрических измерений в целях обеспечения устойчивой и экономичной работы ЮЭС, локализация нарушений нормального режима, бесперебойного электроснабжения потребителей;

2. обеспечение высокотехнического уровня и культуры эксплуатации всех устройств РЗА;

3. обеспечение безусловного исполнения:

- указаний, распоряжений, приказов общества;
- диспетчерских распоряжений;
- отраслевых норм и правил по устройству и эксплуатации энергоустановок;
- предписаний действующих в РФ инспекций по контролю, за обеспечением надлежащего состояния электроустановок, по охране окружающей среды и использованию природных ресурсов;
- требований по безопасности труда и промышленной безопасности на производстве;

4. внедрение новых средств и способов по предупреждению производственного травматизма.

• СИЗПИ

Служба изоляции, защиты от перенапряжений и испытаний.

В состав службы входят:

- начальник службы;
- ведущий инженер;

- инженер второй категории;
- электромонтеры по испытаниям и измерениям высоковольтного оборудования;
- лаборант хим. анализа.

Основной задачей СИЗП является проведение профилактических, приемно-сдаточных спец. испытаний и организация эксплуатации изоляции высокого напряжения и защиты от перенапряжений на объектах электрических сетей.

• **ОПКиОТ**

ОПКиОТ – отдел производственного контроля и охраны труда.

Цель группы – организация, координация, контроль деятельности по обеспечению надежной работы оборудования, организации безопасных условий труда для работающих, предупреждению травматизма и профзаболеваний в структурных подразделениях ЮЭС.

ОПКиОТ осуществляет организацию расследования и анализа причин технологических нарушений, несчастных случаев, пожаров, произошедших в ЮЭС.

2.3 Исходные данные для исследования причин отключения ВЛ 110 кВ Райково – Лукьяновская

Причины аварийных отключений были взяты из оперативных журналов диспетчерского персонала: грозовые перенапряжения, перекрытие по изоляторам, загрязнение изоляторов, птицы, повреждение в сети потребителя.

Таблица 1 – Исходные данные

Дата и время	Вид объекта	Напряжение объекта	Диспетчерское наименование объекта	Причина
1	2	3	4	5
15.06.2016 07:37	ВЛ	110	С – 319	Гроза
03.07.2016 17:44	ВЛ	110	С – 319	Гроза
25.03.2015 09:02	ВЛ	110	С – 98	Гроза
13.07.2014 11.30	ВЛ	110	С – 98	Гроза
13.07.2014 13.45	ВЛ	110	С – 98	Гроза
04.07.2012 20:40	ВЛ	110	С – 319	Гроза
14.08.2014 22:37	ВЛ	110	С – 98	Гроза
27.04.2009 06:45	ВЛ	110	С – 319	Гроза
9.07.2012 20:09	ВЛ	110	С – 98	Гроза
08.08.2015 22:06	ВЛ	110	С – 324	Гроза
19.07.2010 13:14	ВЛ	110	С – 319	Загрязнение изоляции
13.07.2009 19:28	ВЛ	110	С – 324	Загрязнение изоляции
13.07.2009 19:41	ВЛ	110	С – 324	Повреждение в сети потребителей
03.07.2016 17:44	ВЛ	110	С – 319	Перекрытие изоляции
26.04.2009 06:07	ВЛ	110	С – 324	Перекрытие изоляции

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
27.04.2009 20:28	ВЛ	110	С – 324	Перекрытие изоляции
03.04.2010 10:06	ВЛ	110	С – 324	Перекрытие изоляции
19.07.2010 13:14	ВЛ	110	С – 319	Птицы
04.07.2012 20:40	ВЛ	110	С – 319	Перекрытие изоляции
25.11.2012 00:42	ВЛ	110	С – 319	Птицы
25.11.2012 01:20	ВЛ	110	С – 98	Птицы
13.07.2014 13:45	ВЛ	110	С – 319	Перекрытие изоляции
16.09.2014 07:19	ВЛ	110	С – 319	Перекрытие изоляции
16.12.2014 05:22	ВЛ	110	С – 324	Перекрытие изоляции
25.12.2014 20:44	ВЛ	110	С – 319	Перекрытие изоляции
28.05.2015 03:31	ВЛ	110	С – 319	Перекрытие изоляции
26.06.2015 04:12	ВЛ	110	С – 319	Перекрытие изоляции
08.08.2015 05:38	ВЛ	110	С – 319	Перекрытие изоляции
30.10.2015 00:55	ВЛ	110	С – 319	Перекрытие изоляции
09.04.2016 0:22	ВЛ	110	С – 319	Птицы
15.06.2016 07:40	ВЛ	110	С – 319	Птицы
21.09.2016 01:21	ВЛ	110	С – 319	Загрязнение изоляции
08.10.2009 02:14	ВЛ	110	С – 98	Птицы
30.10.2015 00:30	ВЛ	110	С – 319	Загрязнение изоляции
07.04.2016 14:27	ВЛ	110	С – 319	Загрязнение изоляции
09.04.2016 00:25	ВЛ	110	С – 319	Загрязнение изоляции

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5
28.05.2015 3:31	ВЛ	110	С – 319	Загрязнение изоляции
9.07.2016 06:46	ВЛ	110	С – 319	Загрязнение изоляции
18.07.2016 4:37	ВЛ	110	С – 319	Птицы
09.07.2016 07:09	ВЛ	110	С – 319	Загрязнение изоляции
25.12.2014 20:44	ВЛ	110	С – 319	Повреждение в сети потребителей
18.07.2016 4:37	ВЛ	110	С – 319	Повреждение в сети потребителей
28.05.2014 20:47	ВЛ	110	С – 324	Повреждение в сети потребителей
15.09.2013 07:13	ВЛ	110	С – 319	Повреждение в сети потребителей
09.07.2012 09:10	ВЛ	110	С – 319	Не выявлена
26.02.2014 11:11	ВЛ	110	С – 319	Не выявлена
03.09.2013 06:39	ВЛ	110	С – 319	Не выявлена
24.04.2013 05:46	ВЛ	110	С – 319	Не выявлена
24.08.2013 23:20	ВЛ	110	С – 319	Не выявлена
10.11.2015 4:17	ВЛ	110	С – 319	Не выявлена
8.09.2014 7:19	ВЛ	110	С – 319	Не выявлена
18.07.2016 4:37	ВЛ	110	С – 98	Не выявлена

Также были взяты схемы, которые представлены на рисунках 5 – 7.

Также диспетчерским персоналом была выдана типовая программа переключений по выводу в ремонт ВЛ 110 кВ Райково – Лукьяновская с отпайками (С – 319). Условия выполнения переключений представлены на рисунке 8.

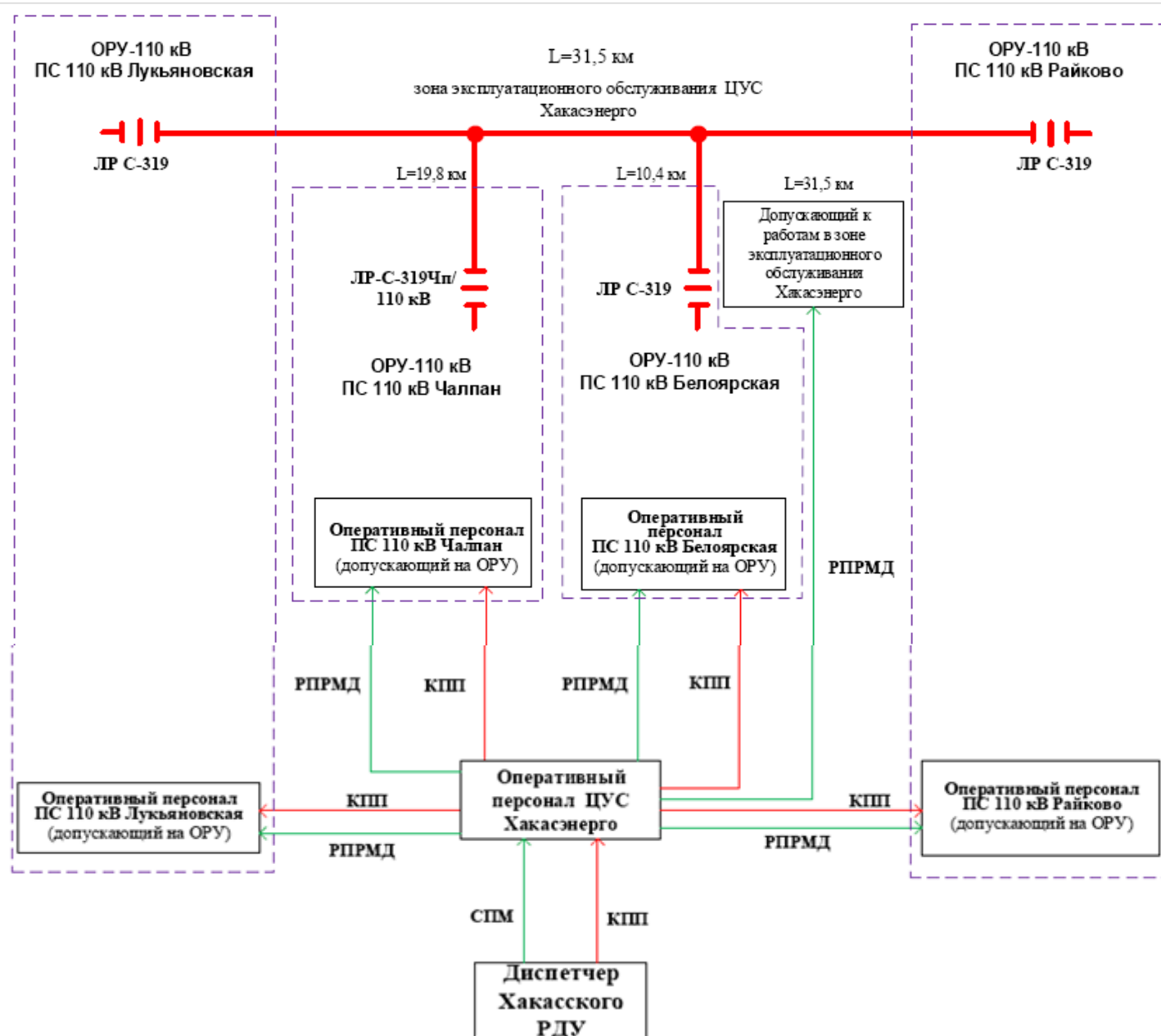


Рисунок 8 – Схема организации ремонтных работ на ВЛ 110 кВ Райково – Лукьяновская с отпайками (С – 319)

2.4 Анализ аварийных отключений ЛЭП напряжением 110 кВ

Анализ аварийных отключений (не работоспособное состояние) необходим для обоснования структуры системы, контроля параметров и режимов работы электротехнических установок и комплексов, определения путей совершенствования системы управления эксплуатацией, а также разработки новых средств технического обеспечения такой системы [2].

Статистические данные об аварийных отключениях рассмотрены за период с 2009 г. по 2016 г.

Для анализа выбрана межрегиональная ЛЭП – 110 кВ, протяженностью 34,61 км, отходящие отпайки 18,56 км и 37,33 км. Суммарное число аварийных отключений ВЛ за рассматриваемый период составило 52, из них 44 отказов с установленной причиной отказа. Аварийные отключения по не выявленным причинам составили 15% от суммарного числа отключений (таблица 2).

Таблица 2 – Исходные данные аварийных причин отключения

Год	Причина установлена	Причина не установлена	Суммарное число отключений
2009	6	0	52
2010	3	0	
2011	0	0	
2012	5	1	
2013	1	3	
2014	9	2	
2015	8	1	
2016	12	1	
Итого	44	8	
Аварийные отключения по не выявленным причинам			15%

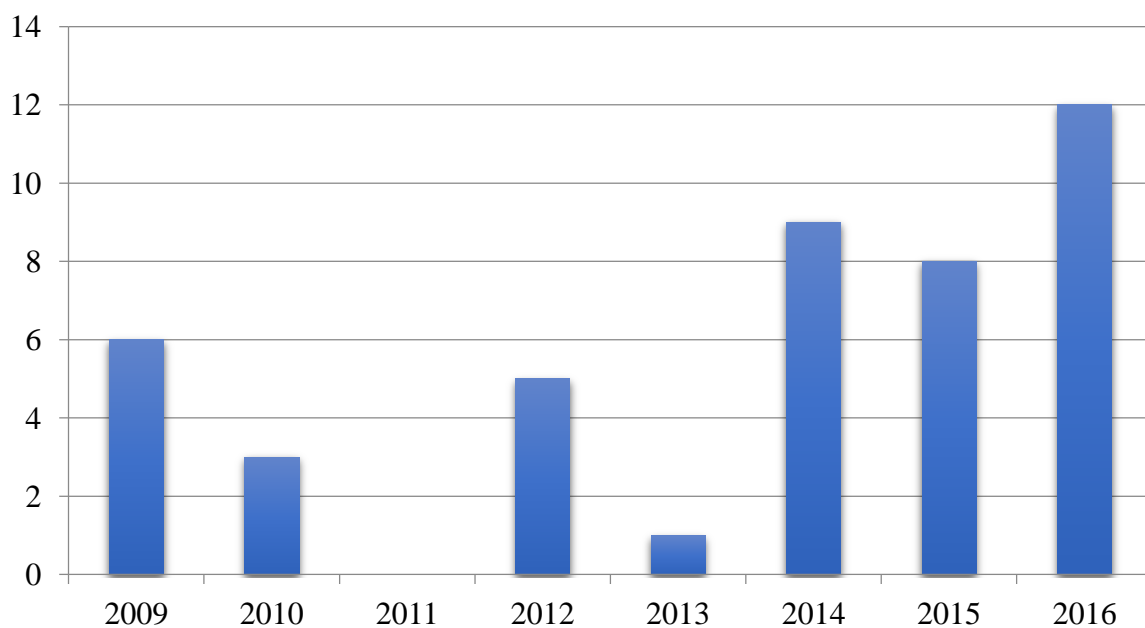


Рисунок 9 – Установленные причины отключения ЛЭП-110 кВ

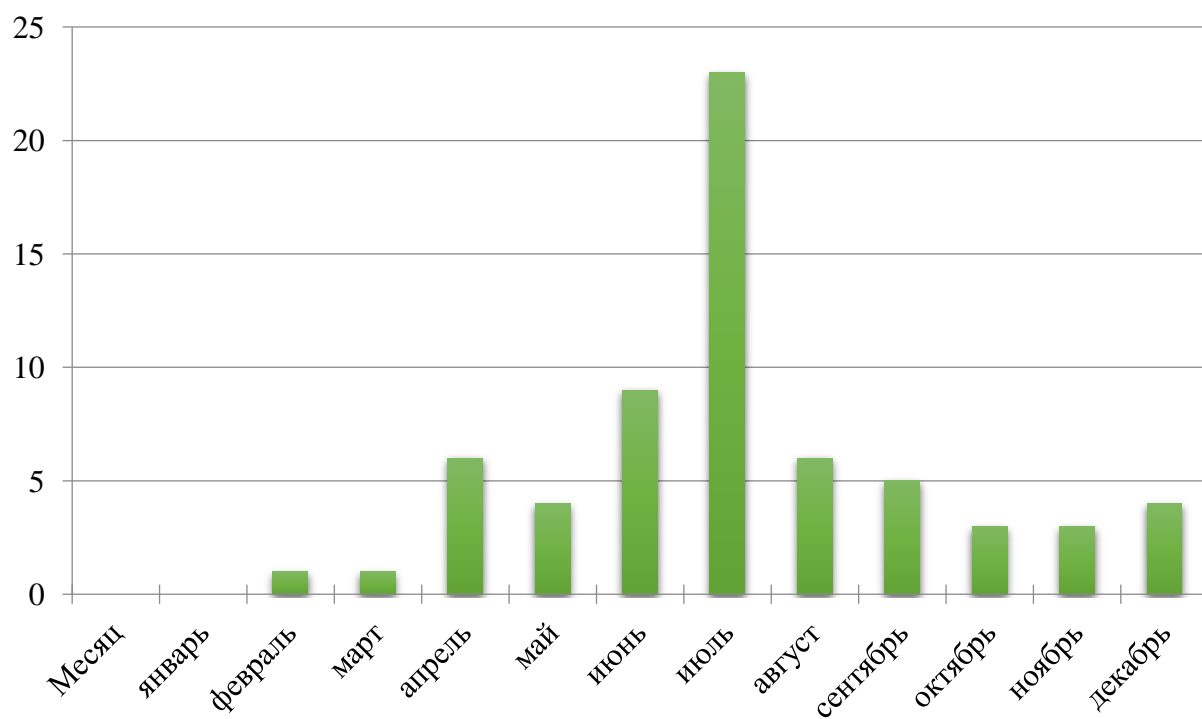


Рисунок 10 – Динамика отключений ЛЭП-110

Для периода апрель-декабрь характерны следующие атмосферные условия:

- средняя температура воздуха 4,9 °С;
- относительная влажность 69,2 %;
- скорость ветра 2,2 м/с.

Как видно из рисунка 10, наибольшая частота отключений приходится на летние и осенние периоды времени, что обусловлено, прежде всего, загрязнением изоляторов и воздействием ударов молний. Дополнительно отметим, что большинство отключений имело кратковременный характер из-за положительной роли автоматического повторного включения линий.

Далее рассмотрим распределение числа отключений по отдельным объектам в рассматриваемом временном интервале, которое представлено в таблице 3.

Наименование ЛЭП	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
С – 319	1	2	0	4	4	6	7	12
С – 98	1	0	0	2	0	3	1	1
С – 324	4	1	0	0	0	2	1	0

Представим распределение числа отключений по отдельным объектам на рисунке 11.

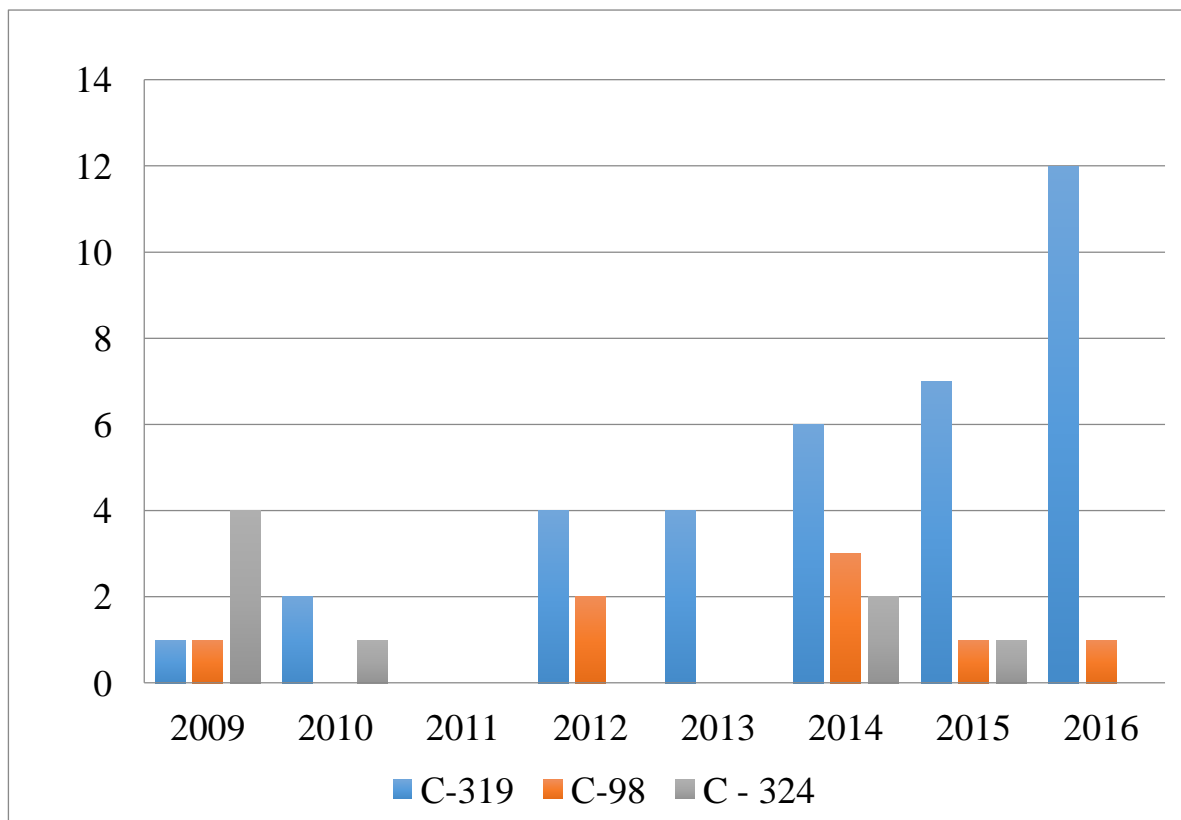


Рисунок 11 – Распределение числа отключений по отдельным объектам

Из рисунка 11 видно, что самое большое количество отключений приходится на отпайку (С – 319), так как трасса этой линии находится в холмистой местности, где происходят частые грозовые явления.

2.5 Анализ причин отключения ЛЭП напряжением 110 кВ

Основные причины аварийных отключений воздушных линий – это атмосферные воздействия. Самыми распространенными причинами аварийных отключений являются неблагоприятные метеорологические условия (ветровые нагрузки, мощные грозовые разряды в провода и тело опоры), обрыв и схлестывание проводов, повреждение изоляторов (гроза, износ изоляции и перекрытие изоляции, вызванные действиями птиц).

Одной из причин такого распределения можно считать резкие изменения климата в регионе.

Проанализируем причины отключений [4]. Для ВЛ-110 кВ за указанный период в оперативных журналах диспетчерского персонала было зафиксировано 44 аварийных отключения. Из них 10 (22,73 % от общего числа) по причине – грозовые перенапряжения; 13 отключений (29,55 %), вызваны перекрытием изоляции; 7 отключений (15,91 %), вызваны «действием» птиц; 9 (20,45 %) – загрязнение изоляции; 5 (11,36 %) – повреждения в сети.

Исходные данные представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Исходные данные причин и количества отключений

Причина	Количество отключений	%
Грозовые перенапряжения	10	22,73
Перекрытие изоляции	13	29,55
Птицы	7	15,91
Загрязнение изоляции	9	20,45
Повреждения в сети	5	11,36
Всего	44	100

Распределение общего числа аварийных отключений ВЛ-110 кВ представлено на рисунке 12.

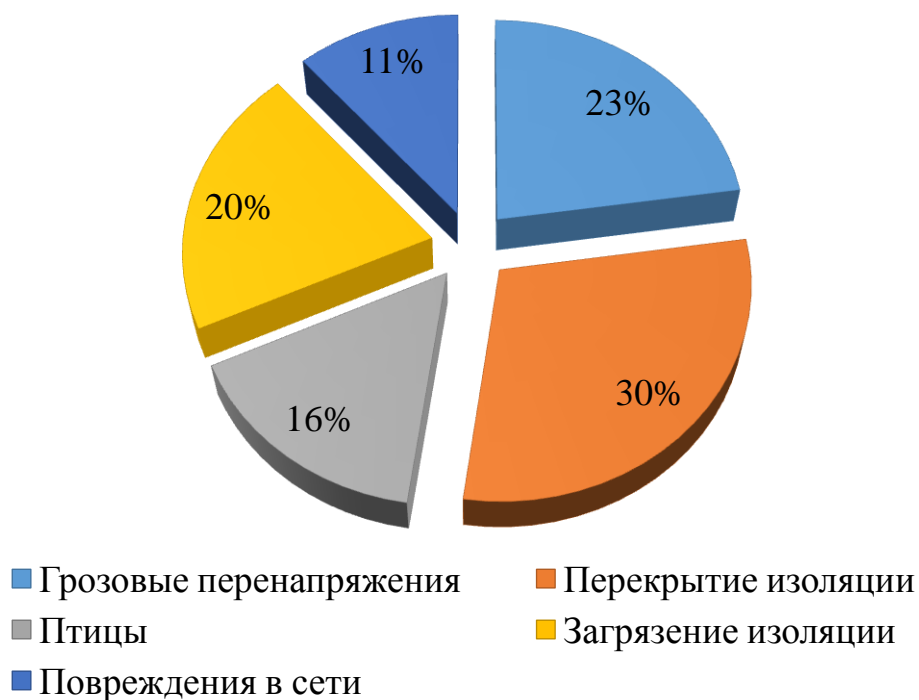


Рисунок 12 – Распределение общего числа аварийных отключений ЛЭП 110 кВ

Наглядное представление о вкладе каждого из перечисленных факторов свидетельствует об особенностях географического и климатического месторасположения линий. Имеющиеся карты районов по ветровой, гололедной нагрузке, количеству грозových часов в году и др. были составлены в период существования СССР и не отражают в полной мере действительной картины последнего периода. Это обусловлено тенденцией к изменению климата. Например, на износ изоляции оказывают существенное влияние перепады суточной температуры, увеличилось число местных и перелетных птиц.

На основе проведенного анализа выяснилось, что основными причинами аварийных отключений ВЛ-110 кВ являются грозовые перенапряжения и перекрытие изоляции. Также рассмотрев график числа отключений по месяцам, можно сказать, что самое большое количество отключений приходится на период с апреля по сентябрь. Из распределения числа отключений по отдельным объектам выяснили, что наибольшее количество отключений происходит в холмистой местности с частыми грозowymi явлениями.

3 Практическая часть

3.1 Разработка мероприятий по снижению риска возникновения аварий на ЛЭП напряжением 110 кВ

В процессе эксплуатации электрических сетей, непреднамеренные отключения электрооборудования свидетельствуют о воздействии трудно предсказуемых факторов. К ним можно отнести климатические воздействия, влияние человека, животных и птиц, ветровые нагрузки, гололед, старение оборудования, ложная работа автоматики и многое другое. Большинство из этих факторов имеет вероятностную природу возникновения. Сбор статистических данных о появлении такого рода событий, их фиксация диспетчером на подстанциях и диспетчерских пунктах может служить отправным моментом для выполнения анализа состояния электрооборудования.

Среди способов и методов статистического анализа состояния технических объектов выделяют энтропийный подход [24]. Он позволяет на основе методик определения информационной энтропии как меры неопределенности информации характеризовать работоспособное и неработоспособное состояние электротехнического оборудования. Количество полученной энтропии по формуле Шеннона позволяет нам судить о состоянии ЛЭП в течение длительного периода времени, выявлять причины, приводящие к ускоренному старению электрооборудования, отслеживать степень влияния причин на отказы оборудования, выявлять узкие места работы сетей с позиции надежности и т.п.

На основе анализа аварийных отключений и их причин для определения степени надежности необходимо построить график информационной энтропии.

Информационная энтропия – мера неопределённости или непредсказуемость некоторой системы, в частности неопределённость появления аварийных отключений [8].

Мера неопределенности измеряет неопределенность в битах.

По количеству энтропии характеризуется степень надежности ВЛ.

3.2 Определения количества неопределенности информации.

Неопределенность информации отражает наличие хаоса (непредвиденных отказов, отключений) в электрических сетях. В качестве меры, которая характеризует неопределенность информации, принимается информационная энтропия, предложенная К. Шенноном:

$$H = -\sum_{i=1}^N p_i \log p_i, \text{ при условии } \sum_{i=1}^N p_i = 1, \quad (1)$$

где N – количество рассматриваемых событий в системе,

p_i – вероятность появления i -го события.

Для определения энтропии необходимо построить дискретный ансамбль статистических данных, как это, например, предложено в работе [7]. Значения ансамбля и результаты расчетов (см. табл. 5), получены следующим образом.

Согласно журнала диспетчера выделено 5 причин, приводящих к отключению ЛЭП (среди которых представлены и не выявленные причины). По каждому году определено количество рассматриваемых причин:

$$N = n_1 + n_2 + \dots + n_5, \quad (2)$$

где n_i – количество отказов i -го вида отказа (n_1 – грозовое перенапряжение и т.д.).

На их основе определены вероятности отказа ЛЭП по формуле:

$$q_i = \frac{n_i}{N}, \quad (3)$$

где q_i – вероятность отказа ЛЭП (q_1 – вероятность отказа от воздействия грозových перенапряжений и т.д.).

Для всех q_i выполнено условие (1).

Через вероятности q_i , по формуле Шеннона (1) определена энтропия для каждого из событий i :

$$H_i = -q_i \log_2 q_i, \quad (4)$$

а также энтропия за весь рассматриваемый k -й год, как сумма энтропий событий i :

$$H_k = \sum_{i=1}^N H_i. \quad (5)$$

Таблица 5 – Исходные данные и результаты расчетов

Год	Показатели	Гроза	Перекрытие изоляторов	Загрязнение изоляторов	Повреждение в сети	Не выявлены	Итого
1	2	3	4	5	6	7	8
2009	n_i	2	3	1	–	–	
	q_i	0,33	0,5	0,17	–	–	
	H_i	0,53	0,5	0,44	–	–	1,47
2010	n_i	1	1	1	–	–	
	q_i	0,33	0,33	0,34	–	–	
	H_i	0,53	0,53	0,53	–	–	1,59
2011	n_i	–	–	–	–	–	

Окончание таблицы 5

1	2	3	4	5	6	7	8
2012	n_i	1	3	1	–	1	
	q_i	0,17	0,5	0,17	–	0,16	
	H_i	0,44	0,5	0,44		0,42	1,8
2013	n_i	–	1	–	–	3	
	q_i	–	0,25	–	–	0,75	
	H_i		0,5			0,32	0,82
2014	n_i	3	4	–	2	2	
	q_i	0,28	0,36	–	0,18	0,18	
	H_i	0,52	0,53		0,44	0,44	1,93
2015	n_i	1	4	2	1	1	
	q_i	0,11	0,44	0,23	0,11	0,11	
	H_i	0,35	0,52	0,49	0,35	0,35	2,06
2016	n_i	2	3	5	2	1	
	q_i	0,15	0,23	0,38	0,15	0,09	
	H_i	0,41	0,49	0,53	0,41	0,31	2,15

На основе данных из таблицы 5 можно построить график информационной энтропии.

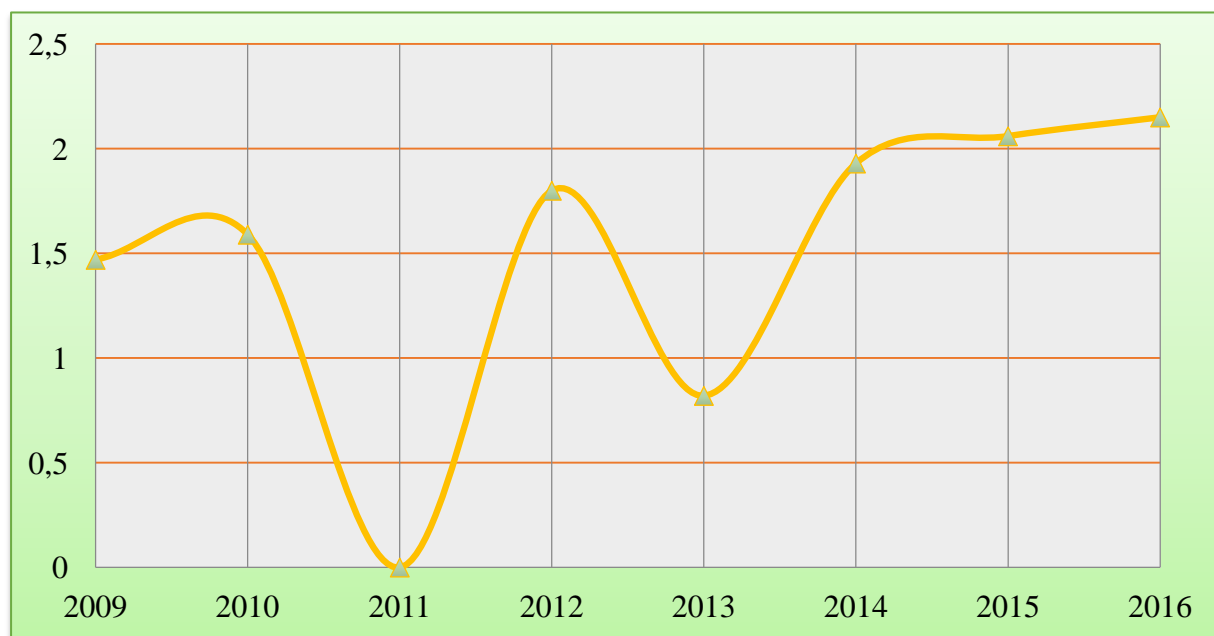


Рисунок 13 – График информационной энтропии ВЛ 110 кВ

Из графика видно, что энтропия ВЛ-110 кВ увеличивается, это значит, что данный объект стареет и требует должного внимания со стороны персонала.

На основе данных диспетчерского персонала известно, что ВЛ-110 кВ Райково – Лукьяновская была введена в эксплуатацию с 1976 года.

Это исследование может быть использовано при составлении графиков планово-предупредительных ремонтов, в целях обеспечения надежной работы оборудования и предупреждения неисправностей и износа на ВЛ-110 кВ.

3.3 Мероприятия по снижению риска возникновения аварий на ЛЭП 110 кВ

Из анализа аварийных отключений и их причин на ВЛ-110 кВ Райково – Лукьяновская с отпайками (С – 319) можно предположить, что большое число аварийных отключений воздушной линии по погодным причинам может быть снижено при пересмотре климатических карт для новых проектируемых ЛЭП.

Существующие ЛЭП должны пройти процесс усиления конструкции.

Что касается вопроса износа элементов ЛЭП, то его разрешение лежит в русле ресурсных ограничений на выполнение капитальных ремонтов и замены изношенного оборудования.

Один из оптимальных вариантов решения проблем с птицами – это использование полимерных колпаков для защиты подвесных изоляторов ЛЭП-110 кВ. Защитный колпак применяется для предохранения поверхности гирлянды изоляторов ЛЭП от загрязнения пометом птиц, окрасочных работ, атмосферных осадков и механического воздействия.

Использование защитных колпаков, выполненных в виде широкого конуса из композитных материалов, увеличивает срок службы гирлянды подвесных изоляторов, предотвращает аварийные отключения электросети благодаря уменьшению риска возникновения замыканий [22].

Для создания физических препятствий к размещению птиц в зоне расположения изоляторов на конструкциях опор ЛЭП-110 кВ рекомендуется использовать конструкции пассивной защиты в виде искусственных заграждений.

Рекомендуется использовать конструкции искусственных заграждений, выполненные с использованием композитных диэлектрических (полимерных, стеклопластиковых и др.) материалов.

Для создания препятствий к гнездованию птиц в наиболее критичных частях конструкций опор ЛЭП-110 кВ рекомендуется контурная защита металлической сеткой участков горизонтальных траверс, расположенных непосредственно над гирляндами изоляторов.

Установленное сетчатое ограждение должно препятствовать проникновению внутрь конструкции опоры средних и крупных птиц, при этом диаметр ячейки защитной сетки составляет не более 50 мм.

Рекомендуется применение более долговечной окрашенной или оцинкованной металлической сетки.

Защита верхней части горизонтальной траверсы, расположенной над гирляндами изоляторов, выполняется с использованием искусственных заграждений.

Также предложим мероприятия, представленные в таблице 6, для всех видов отключения, которые были рассмотрены в данной выпускной квалификационной работе.

Таблица 6 – Мероприятия по снижению риска аварийных отключений

Причины отключений	Мероприятия
Грозовые перенапряжения	Пересмотр климатических карт для новых проектируемых ЛЭП. Существующие ЛЭП должны пройти процесс усиления конструкции. Установка линейных ОПН и разрядников типа РВЛ.
Загрязнение изоляции	Механическая очистка изоляции и смазка гидрофобными пастами.
Перекрытие изоляции	Профилактические мероприятия (чистка, усиление изоляции, гидрофобизация поверхности изоляторов)
Птицы	Использование полимерных колпаков и конструкции пассивной защиты в виде искусственных заграждений
Повреждения в сети потребителей	Применение потребителем мер по устранению причин повреждений стороннего воздействия

Учитывая предложенные мероприятия и согласно концепции обеспечения надежности в электроэнергетике, выделим перечень программ по проработке конкретных проблем и направлений обеспечения надежности [2]:

- разработка системы мониторинга и прогнозирования надежности в электроэнергетике;

- разработка системы отраслевых регламентов и национальных стандартов по обеспечению надежности;
- разработка системы и конкретных значений нормируемых показателей надежности и требований по надежности;
- разработка системы механизмов, обеспечивающих соблюдение условий надежности по всей технологической цепочке от генерации до потребления в условиях рынка;
- создание Совета по надежности.

Весомыми в электроэнергетике являются разработка и внедрение «дорожной карты» по обеспечению надежности.

Дорожная карта – модель гибкого прогнозирования. Выделяют три этапа реализации мероприятий:

1-й этап – (2-3 года) – экстренные мероприятия.

Цель: преодоление критически опасной ситуации с обеспечением надежности.

2-й этап – (3-5 лет) – среднесрочные мероприятия.

Цель: формирование дееспособной системы поддержания надежности на экономически и социально приемлемом уровне.

3-й этап – (5-7 лет) – стратегические мероприятия.

Деятельность предприятия, которое обслуживает электрические сети, должна быть направлена на поддержание высокого уровня надежности сетей в процессе их эксплуатации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы получили результаты анализа аварийных отключений и их причин ВЛ-110 кВ Райково – Лукьяновская с отпайками (С – 319) и рекомендовали перспективные пути снижения риска возникновения аварий на ЛЭП-110 кВ.

По итогам выполнения данной бакалаврской работы можно сделать следующие выводы: основными причинами ВЛ-110 кВ являются грозовые перенапряжения и перекрытие изоляции; самое большое количество отключений приходится на период с апреля по сентябрь в холмистой местности с частыми грозовыми явлениями; на основе графика информационной энтропии следует пересмотреть график планово-предупредительных ремонтов, в целях обеспечения надежной работы оборудования и предупреждения неисправностей и износа на ВЛ-110 кВ.

Исследования имеют практическую значимость, подтвержденную письмом заказом от организации и справкой о результатах внедрения решений, разработанных в выпускной квалификационной работе (ВКР). Полученные результаты нашли отражение в методических разработках, в докладных и аналитических записках ПАО «МРСК Сибири» - «Хакасэнерго» - Публичного акционерного общества «Межрегиональной распределительной сетевой компании Сибири».

По результатам работы опубликована статья в научно-исследовательском центре «Диалог» в сборнике научных трудов по материалам IX Международной научно - практической конференции от 15 февраля 2017 г.

Приняла участие в Международной конференции «Перспектив Свободный – 2017», посвященной году экологии в Российской Федерации. Была награждена дипломом лауреата в номинации «Повышение надежности работы энергосистем». Также участвовала в республиканском конкурсе научно-исследовательских работ студентов «Научный потенциал Хакасии» в номинации «Технические науки». Была награждена дипломом за II место.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1.Васильева, Т. Н. Надежность электрооборудования и систем электроснабжения. – М.: Горячая линия – Телеком, 2015. – 152 с.: ил.
- 2.Воропай, Н. И. Концепция обеспечения надежности в электроэнергетике [текст]: / Н. И. Воропай, Г. Ф. Ковалёв, Ю. Н. Кучеров. – М.: ООО ИД «ЭНЕРГИЯ», 2013. – 212с.
- 3.Дулесова, Н. В. Анализ состояния линий электропередач 110 кВ на основе меры неопределенности информации / Н. В. Дулесова, П. А. Братилова. // Актуальные вопросы научных исследований [Текст]: сборник научных трудов по материалам IX Международной научно – практической конференции г. Иваново, 15 февраля 2017 г. – Иваново: ИП Цветков А.А., 2017. – С . 19 – 23/ 76 с.
- 4.Дулесова, Н. В. Анализ причин непреднамеренных отключений ВЛ-220 кВ / Н. В. Дулесова, К. Е. Демчук. // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика [Текст]: сборник научных трудов по материалам Международной заочной научно – практической конференции г. Воронеж, №2 (28) (Volume 5,issue 2) 2017 г. – ФГБОУВО «ВГЛТУ», 2017. С 102-106/153.
- 5.Дулесов, А. С. Логарифмическая мера информации состояния технического объекта / А. С. Дулесов, Е. В. Кабаева. // Журнал "Современные проблемы науки и образования". – 2013. – №1 (Электронный журнал); URL: www.science-education.ru/107-8210 (дата обращения: 28.01.2013).
6. Дулесов А. С. Мера неопределенности информации и её свойства применительно к оценке случайного поведения технического объекта / А. С. Дулесов, Н. Н. Кондрат. // Журнал «Научное обозрение». – 2014. – №7. – С.258-264.
- 7.Дулесов А. С. Определение меры неопределенности информации в задаче бесперебойной поставки ресурсов потребителям / А. С. Дулесов, Е. А. Ускова. // Журнал «Перспективы науки. Science prospects». – 2012. – №4 (31). – С.81-85.

8. Информационная энтропия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Информационная_энтропия.

9. Классификация ВЛ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://elektro-montagnik.ru/?address=lectures/part2/&page=page>.

10. Краткая характеристика развития электрических сетей и систем [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://elektro-dox.ru/proekt/2.html>.

11. Линии электропередач [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://tss-spb.pro/uslugi/linii-elektroperedach.html>.

12. Лучинкин, А. В. Проблемы управления режимами работы энергетических систем / А. В. Лучинкин, Ю. А. Шатова, А. А. Кривошапов. // Энергосбережение, электромагнитная совместимость и качество в электрических системах: сб. ст. Междунар. науч.-пр. конф. - Пенза, 2012 г. - С. 37-45.

13. МРСК Сибири - «Хакасэнерго» [Сайт]. – Режим доступа: <http://www.mrsk-sib.ru/index.php?lang=ru19>.

14. Надежность электроснабжения и качество электроэнергии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.eti.su/articles/spravochnik/spravochnik_1566.html.

15. Основные вопросы проектирования воздушных линий электропередач: учебное пособие / Ф. Р. Исмагилов [и др.]. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Машиностроение, 2015. — 211 с.: ил. – Библиогр.: с. 208-210.

16. Основные понятия и определения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://pointer.laser-squad.com/isr/books/tehobsl/ponyatiya.html>.

17. Основные понятия теории надежности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.obzh.ru/nad/4-1.html>.

18. Планово-предупредительный ремонт оборудования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.galaktika.ru/eam/planovo-predupreditelnyj-remont-oborudovaniya.html>.

19. Планово-предупредительный ремонт электрооборудования [Электронный ресурс]. –

Режим доступа: <http://electricalschool.info/main/electroremont/1081-planovo-predupreditelnyjj-remont.html>.

20. Причины повреждений на воздушных линиях электропередачи [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://electricalschool.info/main/ekspluat/422-prichiny-povrezhdenijj-na-vozdushnykh.html>.

21. Проблемы надежности электрических систем [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://poznayka.org/s65121t1.html>.

22. Птицезащитные устройства [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://rrrcn.ru/ru/electrocutions/bpd>.

23. Хорольский, В. Я. Надежность электроснабжения: учебное пособие / В. Я. Хорольский, М.А. Таранов. – М. : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2014. – 128 с.

24. Цветков, О. В. Энтропийный анализ данных в физике, биологии и технике / О. В. Цветков; Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет (СПбГЭТУ). — Санкт-Петербург: Изд-во СПбГЭТУ "ЛЭТИ", 2015. – 201 с.

25. Шатова, Ю. А. Показатели надежности ЛЭП-220 кВ Пензенской энергосистемы / Ю. А. Шатова, А. А. Кривошапов, Н. Н. Алешина. // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 6. URL: <http://www.science-education.ru/106-7864>.